(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** ***3 146 658***

(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **23 02461**

(51) Int Cl[8] : ***B 64 D 27/26*** *(2023.01), F 16 D 1/00*

(12) **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION** **A1**

(22) **Date de dépôt :** 16.03.23.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 20.09.24 Bulletin 24/38.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire :** *Se reporter à la fin du présent fascicule*

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

◯ **Demande(s) d'extension :**

(71) **Demandeur(s) :** *Safran Aircraft Engines Société par actions simplifiée (SAS)* — FR et *SAFRAN TRANSMISSION SYSTEMS Société par actions simplifiée (SAS)* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** ROUFFET Jonathan Jean-Pierre, CHATENET Luc Henri et PIGOTT Quentin Pierre Henri.

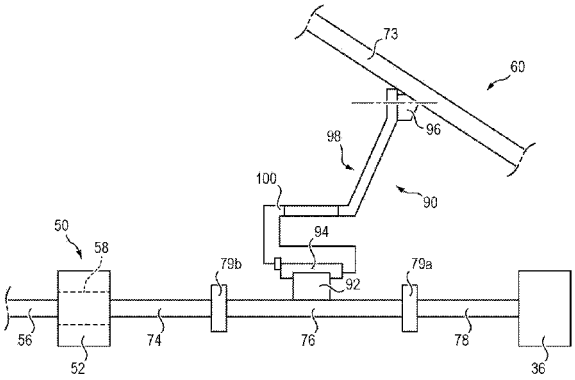
(73) **Titulaire(s) :** Safran Aircraft Engines Société par actions simplifiée (SAS), SAFRAN TRANSMISSION SYSTEMS Société par actions simplifiée (SAS).

(74) **Mandataire(s) :** REGIMBEAU.

(54) **Ensemble comprenant un tronçon d'arbre guidÉ par un palier maintenu de manière flexible.**

(57) L'invention concerne un ensemble (60) de système propulsif pour aéronef comportant un élément structurel fixe (73) et un arbre (54) en rotation autour d'un axe longitudinal (X) relativement à l'ensemble structurel, l'arbre (54) comprenant deux organes d'accouplement flexibles (79) et un tronçon intermédiaire (76) interposé entre les organes d'accouplement flexibles (79), dans lequel l'ensemble (60) comprend en outre un palier (92) guidant le tronçon intermédiaire (76) en rotation relativement à l'élément structurel (73), ledit palier (92) étant relié à l'élément structurel (73) par l'intermédiaire d'un dispositif de liaison flexible (90).

Figure pour l'abrégé : Fig. 3



FR 3 146 658 - A1

Description

Titre de l'invention : Ensemble comprenant un tronçon d'arbre guidÉ par un palier maintenu de manière flexible

Domaine de l'invention

[0001] La présente invention concerne les réducteurs mécaniques et la gestion des désalignements entre un réducteur et l'arbre d'entrée couplé à ce dernier. La présente invention concerne plus particulièrement les systèmes propulsifs pour aéronef et la gestion des désalignements entre l'arbre de turbine et le réducteur de soufflante d'un tel système.

Arrière-plan technologique

[0002] Les nouvelles générations de turbomachines à double flux, notamment celles ayant un haut taux de dilution, comportent un réducteur mécanique pour entraîner l'arbre d'une soufflante (aussi appelé fan). De manière usuelle, le réducteur a pour but de transformer la vitesse de rotation, relativement rapide, de l'arbre d'un rotor de turbine à gaz en une vitesse de rotation plus lente pour l'arbre entraînant la soufflante.

[0003] Le plus souvent, les réducteurs employés dans de telles turbomachines sont des réducteurs à train épicycloïdal comprenant un pignon central, appelé solaire, une couronne coaxiale au solaire, entourant ce dernier, et des pignons, appelés satellites, qui sont en prise entre le solaire et la couronne et sont maintenus par un châssis appelé porte-satellites. Classiquement, le solaire est entraîné en rotation par l'arbre de turbine et l'arbre de soufflante est entraîné en rotation par le porte-satellites (lorsque le réducteur est configuration épicycloïdale) ou par la couronne (lorsque le réducteur est en configuration planétaire).

[0004] Pour un fonctionnement optimal d'une telle turbomachine, les différents éléments qui sont reliés par un arbre doivent être parfaitement alignés entre eux et avec ledit arbre. Un désalignement trop important d'un arbre par rapport aux éléments auquel il est relié peut causer des dommages sur l'arbre en lui-même, pouvant aller jusqu'à la rupture de ce dernier, ou sur les éléments reliés à l'arbre qui peuvent s'user rapidement, notamment en raison de frottements. Cependant, un certain degré de désalignement, pouvant être horizontal et/ou vertical, et de déplacements axiaux au niveau d'un arbre étant inévitable, il est connu de positionner sur l'arbre un ou plusieurs dispositifs d'accouplement flexible. Ainsi, il est connu de positionner sur l'arbre de turbine, entre le palier amont et le réducteur, des dispositifs d'accouplement flexibles destinés à éviter que le désalignement entre le palier amont et le réducteur ne cause de dommages ou d'usure au niveau de l'arbre, de la turbine basse pression et/ou du réducteur, en particulier du solaire.

[0005] Ces dispositifs d'accouplement flexibles doivent répondre à des contraintes antagonistes. D'une part, ils doivent être suffisamment flexibles pour ne pas induire de surcharge excessive au niveau de la denture du solaire. D'autre part, ils doivent être suffisamment raides pour ne pas entrer en résonnance dans la plage de fonctionnement de la turbomachine.

[0006] Or, dans l'objectif de réduire la consommation de telles turbomachines, on cherche à minimiser l'encombrement des réducteurs tout en maximisant leur rapport de réduction, ce qui entraîne une réduction du niveau de charge pouvant être supporté par le solaire. Dans ces conditions, il devient de plus en plus difficile de dimensionner les dispositifs d'accouplement flexibles de sorte qu'ils puissent satisfaire à la double contrainte précitée.

Exposé de l'invention

[0007] Un objectif de l'invention est de permettre le couplage d'un arbre de turbine à gaz à un réducteur, notamment à train épicycloïdal, de manière à réduire les charges transmises au pignon d'entrée tout en présentant une fréquence de résonnance qui se trouve hors de la plage de fonctionnement de la turbine à gaz.

[0008] A cet effet, l'invention a pour objet un ensemble de système propulsif pour aéronef comportant un élément structurel fixe et un arbre en rotation autour d'un axe longitudinal relativement à l'ensemble structurel, l'arbre comprenant deux organes d'accouplement flexibles et un tronçon intermédiaire interposé entre les organes d'accouplement flexibles, dans lequel l'ensemble comprend en outre un palier guidant le tronçon intermédiaire en rotation relativement à l'élément structurel, ledit palier étant relié à l'élément structurel par l'intermédiaire d'un dispositif de liaison flexible.

[0009] Le dispositif de liaison flexible permet de limiter les déplacements radiaux du tronçon intermédiaire par un maintien souple du tronçon intermédiaire. Cela permet de compenser la perte de raideur résultant de l'assouplissement des organes d'accouplement flexibles destinés à la gestion des désalignements et de rejeter la fréquence de résonnance de l'ensemble hors de la plage de fonctionnement du système propulsif dans lequel il est destiné à être intégré. Ainsi, certains éléments de l'ensemble de système propulsif ne risquent pas d'entrer en résonnance lors du fonctionnement dudit système propulsif.

[0010] Selon des modes de réalisation particuliers de l'invention pouvant être pris seuls ou en combinaison :

- le dispositif de liaison flexible comporte une bride interne solidaire du palier et une bride externe solidaire de l'élément structurel, la bride interne et la bride externe étant reliées l'une à l'autre par une pluralité d'organes flexibles ; la flexibilité du dispositif de liaison flexible est ainsi permise par la flexibilité de l'ensemble des organes

flexibles ;
- chaque organe flexible est déformable élastiquement dans une direction radiale par rapport à l'arbre d'entrée ; le dispositif de liaison flexible est ainsi flexible radialement de manière homogène ; autrement dit, chaque organe flexible est déformable selon son axe d'élongation ;
- les organes flexibles forment des rayons répartis régulièrement autour de la bride interne ; la flexibilité du dispositif de liaison flexible est ainsi homogène dans les différentes directions radiales ;
- l'ensemble comporte en outre un réducteur couplant l'arbre, qui constitue un arbre d'entrée du réducteur, à un arbre de sortie, les organes d'accouplement flexible comprenant un premier organe d'accouplement flexible reliant le tronçon intermédiaire à un tronçon distal de l'arbre et un deuxième organe d'accouplement flexible reliant le tronçon intermédiaire au pignon d'entrée ;
- chaque organe d'accouplement flexible est configuré pour permettre les translations longitudinales et les rotations autour d'axes perpendiculaires à l'axe longitudinal ; ainsi, le pignon d'entrée est libre de se déplacer radialement et longitudinalement relativement à l'arbre d'entrée, ces déplacements étant compensés par la déformation des organes d'accouplement flexibles, ce qui limite les charge subies par le pignon d'entrée ;
- chaque organe d'accouplement flexible est configuré pour ne permettre que les translations longitudinales et les rotations autour d'axes perpendiculaires à l'axe longitudinal ; ainsi, les organes d'accouplement flexibles permettent une bonne transmission du couple entre l'arbre d'entrée et le réducteur ;
- chaque organe d'accouplement flexible comprend une première bague reliée au tronçon intermédiaire, une deuxième bague reliée à un autre élément, une couronne entourant les première et deuxième bagues, une première structure annulaire souple interposée entre la première bague et la couronne et une deuxième structure annulaire souple interposée entre la deuxième bague et la couronne ; chaque organe d'accouplement flexible permet ainsi des mouvements relatifs entre le tronçon intermédiaire et l'élément auquel il est rattaché tout en limitant l'ampleur de ces mouvements ; la première et/ou la deuxième structure annulaire peu(ven)t être une membrane annulaire souple permettant d'absorber, par des déformations élastiques, une partie des désalignements et/ou déplacements du pignon d'entrée relativement à l'arbre d'entrée ;
- chaque structure annulaire souple est formée d'une membrane circulaire métallique pleine percée en son centre ; ainsi, chaque organe d'accouplement flexible permet une bonne transmission du couple autour de l'axe longitudinal et présente une bonne tenue dans le temps ;

- le tronçon intermédiaire forme un tronçon principal entrainant en rotation le pignon d'entrée, le deuxième organe d'accouplement flexible comprenant deux éléments d'accouplement flexible disposés axialement de part et d'autre du pignon d'entrée, chaque élément d'accouplement flexible formant une liaison entre le pignon d'entrée et le tronçon principal ; le deuxième organe d'accouplement flexible permet ainsi au pignon d'entrée de se déplacer longitudinalement relativement au tronçon principal, ce qui permet de réduire les charges subies par le pignon d'entrée ; et
- l'ensemble comprend une turbine et une soufflante, l'arbre d'entrée étant entrainé en rotation par la turbine et l'arbre de sortie entrainant en rotation la soufflante ;
- le réducteur est un réducteur à train épicycloïdal comportant un solaire constituant le pignon d'entrée, une couronne entourant le solaire et une pluralité de satellites, portés par un porte-satellites, en prise avec le solaire et la couronne, l'un de la couronne et du porte-satellites étant fixe et l'arbre de sortie étant entraîné en rotation par l'autre de la couronne et du porte-satellites.

[0011] L'invention a également pour objet un aéronef comportant un ensemble de système propulsif tel que précédemment décrit.

Brève description des Figures

[0012] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés, dans lesquels :

[0013] [Fig.1] la [Fig.1] est une vue schématique de dessus d'un aéronef selon un mode de réalisation de l'invention ;

[0014] [Fig.2] la [Fig.2] est une vue schématique en coupe partielle d'un système propulsif de l'aéronef de la [Fig.1] ;

[0015] [Fig.3] la [Fig.3] est une vue schématique d'un ensemble du système propulsif de la [Fig.2] ;

[0016] [Fig.4] la [Fig.4] est une vue schématique d'un réducteur de l'ensemble de système propulsif de la [Fig.3] ;

[0017] [Fig.5] la [Fig.5] est une vue schématique d'un ensemble du système propulsif selon un premier mode de réalisation ; et

[0018] [Fig.6] la [Fig.6] est une vue schématique d'un ensemble du système propulsif selon un deuxième mode de réalisation.

Description dÉtaillÉe d'un exemple de rÉalisation

[0019] Dans l'exemple représenté, l'aéronef 1 est un avion. Celui-ci comprend, de manière classique, un fuselage 4, un empennage 6 et deux ailes 8. Les systèmes propulsifs 10 sont ici au nombre de deux et sont chacun logés sous une aile 8 respective. En variante (non représentée), les systèmes propulsifs 10 sont disposés le long du fuselage 4, par

exemple à proximité de l'empennage 6. En variante encore (également non représentée), l'aéronef 1 comprend un seul système propulsif 10 ou au moins trois systèmes propulsifs 10.

[0020] L'un des systèmes propulsifs 10 est représenté sur la [Fig.2].

[0021] Sur la [Fig.2], le système propulsif 1 présente une direction principale s'étendant selon un axe longitudinal X. Le système propulsif 1 comprend une section de soufflante 2 et un corps primaire 3, souvent appelé « générateur de gaz ».

[0022] La section de soufflante 2 comprend une soufflante 22 et un carter de soufflante 12. La soufflante 22 comprend un rotor de soufflante 9. Le carter de soufflante 12 entoure le rotor de soufflante 9. Le rotor de soufflante 9 est monté rotatif par rapport au carter de soufflante 12.

[0023] Le rotor de soufflante 9 comprend un moyeu de soufflante 13 et des aubes de soufflante 14 s'étendant radialement à partir du moyeu 13. Les aubes de soufflante 14 peuvent être fixes par rapport au moyeu de soufflante 13 ou présenter un calage variable. Dans ce dernier cas, chacune des aubes de soufflante 14 est montée pivotante par rapport au moyeu de soufflante 13 suivant un axe de calage et est reliée à un mécanisme de changement de pas monté dans le système propulsif 1. Le mécanisme de changement de pas permet d'ajuster l'angle de calage des aubes de soufflante 14 en fonction des phases de vol.

[0024] Dans cet exemple, la section de soufflante 2 comprend également un stator de soufflante 16 monté fixe sur le carter de soufflante 12. Le stator de soufflante 16 comprend des aubes fixes 17 généralement dénommées « aubes de sortie » (ou « OGV », pour « Outlet Guide Vane » en anglais).

[0025] Alternativement, les aubes de sortie 17 pourraient présenter un calage variable. Le cas échéant, et de manière similaire aux aubes de soufflante 14 du rotor de soufflante 9, le pied des aubes de sortie 17 est monté pivotant suivant un axe de calage et est relié à un mécanisme de changement de pas (non-représenté), le calage étant ajusté en fonction des phases de vol par le mécanisme de changement de pas.

[0026] Le corps primaire 3 comprend une section de compresseur 18, une chambre de combustion 6 et une section de turbine 19.

[0027] La section de compresseur 18 comprend un compresseur basse pression 4 et un compresseur haute pression 5.

[0028] La section de turbine 19 comprend une turbine haute pression 7 et une turbine basse pression 8.

[0029] Le système propulsif 1 comprend un arbre basse pression 54 reliant la turbine basse pression 4 au compresseur basse pression 8, l'arbre basse pression 54 étant monté rotatif par rapport à un carter 26 du corps primaire 3 autour de l'axe longitudinal X.

[0030] Lorsque le système propulsif 1 est en fonctionnement, la turbine basse pression 8

entraine en rotation le compresseur basse pression 4 par le biais de l'arbre basse pression 54.

[0031] Le système propulsif 1 comprend en outre un arbre haute pression 10 reliant la turbine haute pression 7 au compresseur haute pression 5, l'arbre haute pression 10 étant monté rotatif par rapport au carter 26 autour de l'axe longitudinal X. L'arbre haute pression 10 est coaxial avec l'arbre basse pression 54 et s'étend autour de l'arbre basse pression 54.

[0032] Lorsque le système propulsif 1 est en fonctionnement, la turbine haute pression 7 entraine en rotation le compresseur basse pression 4 par le biais de l'arbre basse pression 54.

[0033] Lorsque le système propulsif est en fonctionnement, un flux d'air F entrant dans le système propulsif 1 traverse la soufflante 22 puis est divisé entre un flux d'air primaire F1 et un flux d'air secondaire F2, qui circulent d'amont en aval dans le système propulsif 1.

[0034] Le flux d'air secondaire F2, appelé également « flux d'air de dérivation », s'écoule dans une veine secondaire, autour du corps primaire 3. Le flux d'air secondaire F2 permet de refroidir la périphérie du corps primaire 3 et sert à générer la majeure partie de la poussée fournie par le système propulsif 1.

[0035] Le flux d'air primaire F1 s'écoule dans une veine primaire 29 à l'intérieur du corps primaire 3, en passant successivement à travers la section de compresseur 18 (compresseur basse pression 4 et compresseur haute pression 5), la chambre de combustion 6 où il est mélangé avec du carburant pour servir de comburant, et la section de turbine 19 (turbine haute pression 7 et turbine basse pression 8).

[0036] Par ailleurs, la turbomachine 10 comporte un système d'accouplement 50 par lequel la turbine basse pression 8 entraine la soufflante 22 en rotation autour d'un axe X longitudinal, le système d'accouplement 50 comportant l'arbre basse pression 54.

[0037] En référence à la [Fig.3], le système d'accouplement 50 fait partie d'un ensemble 60 de la turbomachine 10, ledit ensemble comportant également un élément structurel 73 de la turbomachine 10 auquel est relié le système d'accouplement 50. L'élément structurel 73 est typiquement formé par une portion du carter 26, par exemple par un carter d'entrée de la turbomachine 10.

[0038] Le système d'accouplement 50 comprend un réducteur 52 permettant de coupler un arbre d'entrée, qui est l'arbre basse pression 54, avec un arbre de sortie 56 qui est l'arbre entrainant la soufflante 12.

[0039] En référence à la [Fig.4], le réducteur 52 comporte un pignon d'entrée 58 qui est entrainé en rotation par l'arbre d'entrée 54. Ici, ce pignon d'entrée 58 entoure au moins en partie l'arbre d'entrée 54.

[0040] De préférence, le réducteur 52 est, comme représenté, un réducteur à train épi-

cycloïdal comportant un solaire constituant le pignon d'entrée 58, une couronne 53 entourant le solaire 58 et une pluralité de satellites 52', portés par un porte-satellites, en prise avec le solaire 58 et la couronne. L'un de la couronne 53 et du porte-satellites est fixe et l'arbre de sortie 56 est entraîné en rotation par l'autre de la couronne 53 et du porte-satellites.

[0041] De retour à la [Fig.3], l'arbre d'entrée 54 comporte un tronçon proximal 74 relié au pignon d'entrée 58 du réducteur 52, un tronçon distal 78 relié à la turbine basse pression 8 et un tronçon intermédiaire 76 interposé entre les tronçons distal 78 et proximal 74. Par ailleurs, l'arbre d'entrée 54 comporte des organes d'accouplement flexible 79a,b reliant le tronçon intermédiaire 76, d'une part, au tronçon distal 78 et, d'autre part, au pignon d'entrée 58.

[0042] L'ensemble 60 comprend également un dispositif de liaison flexible 90 permettant de relier le tronçon intermédiaire 76 à l'élément structurel 73 par l'intermédiaire d'un palier 92. Le palier 92 permet de guider le tronçon intermédiaire 76 en rotation relativement à l'élément structurel 73.

[0043] Le tronçon intermédiaire 76 étant maintenu à l'élément structurel 73 de manière flexible par le dispositif de liaison flexible 90, les déplacements radiaux du tronçon intermédiaire 76 sont permis mais limités. Les organes d'accouplement flexible 79 positionnés de part et d'autre du palier 92 et destinés à la gestion des désalignements de l'arbre d'entrée 54 peuvent ainsi être assouplis tout en maintenant la fréquence de résonnance du système d'accouplement 50 hors de la plage de fonctionnement de la turbomachine 10. Ainsi, le système d'accouplement 50 ne risque pas d'entrer en résonnance lors du fonctionnement de la turbomachine 10.

[0044] Le dispositif de liaison flexible 90 comporte une bride interne 94 solidaire du palier 92 et une bride externe 96 solidaire de l'élément structurel 73. La bride interne 94 et la bride externe 96 sont, de préférence, de forme circulaire et la bride interne 94 possède un diamètre inférieur au diamètre de la bride externe 96. Une pluralité d'organes flexibles 98, de préférence identiques les uns aux autres, relient la bride interne 94 et la bride externe 96 entre elles.

[0045] L'ensemble des organes flexibles 98 permet au tronçon intermédiaire 76 de pouvoir se déplacer radialement par rapport à l'élément structurel 73 mais de façon limitée de sorte à éviter des déplacements trop importants du tronçon intermédiaire 76. Avantageusement, l'ensemble des organes flexibles 98 permet également au tronçon intermédiaire 76 de pouvoir se déplacer longitudinalement par rapport à l'élément structurel 73.

[0046] Chaque organe flexible 98 est allongé suivant un axe d'élongation. Il est déformable élastiquement selon ledit axe d'élongation de façon à permettre la flexibilité dudit organe 98, mais aussi celle de tout le dispositif de liaison flexible 90. Pour cela, chaque

organe flexible 98 comporte de préférence au moins une portion flexible 100. Dans cet exemple de réalisation, la portion flexible 100 prend la forme d'une portion en U. La portion flexible 100 peut également se définir comme comportant deux lamelles reliées entre elles et s'étendant selon un axe sensiblement parallèle à l'arbre d'entrée. Selon d'autres exemples de réalisation possibles, la portion flexible 100 peut comprendre une ou plusieurs portions coudées, une portion en S ou tout autre forme permettant une déformation de l'organe flexible 98 selon son axe d'élongation.

[0047] Ici, chaque organe flexible 98 comporte également une autre portion, relativement raide (c'est-à-dire plus raide que la portion souple). Cette portion raide relie, dans l'exemple représenté, la portion flexible 100 à la bride externe 96. L'ensemble des portions raides des organes flexibles 98 forme une structure à laquelle est relié l'ensemble des portions flexibles 100. Cette structure est relativement rigide et la souplesse est apportée essentiellement, voire uniquement, par les portions flexibles 100. Cette structure est ici de forme tronconique.

[0048] Les organes flexibles 98 sont typiquement reliés les uns aux autres par une bride intermédiaire (non représentée) à l'interface entre leur portion raide et leur portion flexible 100.

[0049] En variante (non représentée), les organes flexibles 98 sont constitués uniquement des portions flexibles 100 et la structure tronconique est une structure pleine comportant éventuellement des ouvertures.

[0050] Par ailleurs, les organes flexibles 98 forment des rayons répartis régulièrement autour de la bride interne 94 ce qui permet une flexibilité du dispositif de liaison flexible 90 qui est homogène dans les différentes directions radiales. Le nombre d'organes flexibles 98 dans le dispositif de liaison flexible peut aller par exemple de 10 à 60.

[0051] Les organes flexibles 98 sont dimensionnés de sorte que la fréquence de résonnance du dispositif de liaison flexible 90 soit également située hors de la plage de fonctionnement de la turbomachine 10.

[0052] Le palier 92 entoure le tronçon intermédiaire 76 de sorte que le tronçon intermédiaire 76 soit guidé en rotation par le palier 92. Il comprend une bague interne, une bague externe coaxiale à la bague interne et entourant cette dernière, et un système de réduction de frottement, par exemple des coussinets ou des éléments roulants, entre la bague interne et la bague externe. La bague interne est solidaire du tronçon intermédiaire 76 et la bague externe est solidaire de la bride interne 94, par exemple au moyen de vis. Le palier 92 peut être par exemple un palier lisse, un roulement à bille ou un roulement à rouleaux. De préférence, le palier 92 est un palier à rouleaux, permettant ainsi les déplacements axiaux du tronçon intermédiaire 76 par rapport à la bride interne 94.

[0053] La bride externe 96 est reliée à l'élément structurel 73 de manière fixe par exemple

par l'intermédiaire de vis.

[0054] Comme précédemment décrit, l'ensemble 60 comporte deux organes d'accouplement flexible 79a,b qui sont disposées de part et d'autre du tronçon intermédiaire 76. En particulier, les organes d'accouplement flexible 79a,b comprennent un premier organe d'accouplement flexible 79a reliant le tronçon intermédiaire 76 au tronçon distal 78 de l'arbre 54 et un deuxième organe d'accouplement flexible 79b reliant le tronçon intermédiaire 76 au pignon d'entrée 58.

[0055] Chaque organe d'accouplement flexible 79a,b est configuré pour permettre les translations longitudinales et les rotations autour d'axes perpendiculaires à l'axe longitudinal X. Les organes d'accouplement flexible 79a,b autorisent ainsi des désalignements et déplacements longitudinaux du pignon d'entrée 58 relativement à l'arbre d'entrée 54, notamment relativement au tronçon distal 78, ce qui limite les charges subies par le pignon d'entrée 58. Les organes d'accouplement flexible 79a,b forment notamment ensemble, entre le tronçon proximal 74 et le tronçon distal 78 de l'arbre d'entrée 54, une liaison d'accouplement relativement homocinétique, également appelée joint homocinétique.

[0056] Selon un premier mode de réalisation représenté sur la [Fig.5], l'ensemble 60 comprend un organe d'accouplement flexible aval 79a et un organe d'accouplement flexible amont 79b.

[0057] L'organe d'accouplement flexible aval 79a comprend une première bague 80a reliée au tronçon intermédiaire 76, une deuxième bague 81a reliée au tronçon distal 78 et une couronne 82a entourant les première et deuxième bagues 80a et 81a. Par ailleurs, l'organe d'accouplement flexible aval 79a comporte une première structure annulaire souple 83a interposée entre la première bague 80a et la couronne 82a et une deuxième structure annulaire souple interposée entre la deuxième bague 81a et la couronne 82a.

[0058] L'organe d'accouplement flexible amont 79b est identique à l'organe d'accouplement flexible aval 79a excepté en ce que la deuxième bague 81b est reliée au tronçon proximal 74. Les références pour l'organe d'accouplement flexible amont 79b sont identiques à celle de l'organe d'accouplement flexible aval 79a mais sont indexées « b » au lieu de « a ».

[0059] Les organes d'accouplement flexible 79a,b permettent des mouvements relatifs entre le tronçon intermédiaire 76 et le tronçon distal 78, d'une part, et entre le tronçon intermédiaire 76 et le tronçon proximal 74, d'autre part, et ce, tout en limitant l'amplitude de ces mouvements. Les structures annulaires souples permettent d'absorber une partie des désalignements et/ou déplacements des tronçons les uns par rapport aux autres par des déformations élastiques.

[0060] De préférence, les structures annulaires souples 83a, 83b, 84a et 84b sont chacune formées par une membrane circulaire métallique pleine percée en son centre de façon à

permettre une bonne transmission du couple autour de l'axe longitudinal et également de façon à avoir une bonne tenue dans le temps.

[0061] Les organes d'accouplement flexible aval 79a et amont 79b constituent ce qui est couramment appelé des « flectors ». Ils sont formés, dans ce mode de réalisation, par un joint d'arbre longitudinal à double membrane, chaque membrane présentant une forme de disque s'étendant radialement par rapport à l'arbre. Ils peuvent également être formés par un autre type de joint d'arbre longitudinal comme par exemple un joint d'arbre longitudinal à membranes multiples ou un joint d'accouplement à membranes métalliques.

[0062] Par ailleurs, selon une variante possible non représentée, l'arbre d'entrée 54 peut être formé d'une pièce. Les organes d'accouplement flexibles aval et amont 79a, 79b sont alors des organes monobloc pouvant être formés par des portions radialement élargies de l'arbre d'entrée 54. Ils sont typiquement usinés dans la masse de l'arbre d'entrée 54.

[0063] En outre, dans ce mode de réalisation, l'ensemble 60 comporte un dispositif de liaison flexible tel que celui décrit plus en détails en référence à la [Fig.6], ce dispositif de liaison flexible reliant le tronçon proximal 74 au pignon d'entrée 58 du réducteur 52 en étant positionné de part et d'autre dudit pignon d'entrée 58. Cependant, selon une variante possible, l'ensemble 60 peut ne pas comprendre ce dispositif de liaison flexible et le tronçon proximal 74 est alors solidaire du pignon d'entrée 58 du réducteur 52.

[0064] Selon un deuxième mode de réalisation représenté sur la [Fig.6], un premier organe d'accouplement flexible 79 est identique aux organes d'accouplement flexible aval et amont 79a et 79b précédemment décrits, et un deuxième organe d'accouplement flexible est constitué par un dispositif d'accouplement flexible 61.

[0065] Dans ce mode de réalisation, le tronçon intermédiaire 76 forme un tronçon principal entrainant en rotation le pignon d'entrée 58. L'arbre d'entrée 54 ne comporte alors pas de tronçon proximal, ou encore, le tronçon proximal 74 et le tronçon intermédiaire 76 forment un tronçon principal d'un seul bloc.

[0066] Le dispositif d'accouplement flexible 61 comporte ainsi un premier élément d'accouplement flexible 62a disposé en aval du pignon d'entrée 58 et un deuxième élément d'accouplement flexible 62b disposé en amont du pignon d'entrée 58, chaque élément d'accouplement flexible formant une liaison entre le pignon d'entrée 58 et le tronçon principal 76.

[0067] De cette manière, grâce à la flexibilité des premier et deuxième éléments d'accouplement flexible 62a et 62b, mais aussi grâce à celle du premier organe d'accouplement flexible 79, le pignon d'entrée 58 peut se déplacer longitudinalement et radialement relativement à l'arbre d'entrée 54 et subit donc moins de charges que dans les systèmes de l'art antérieur. En particulier, plutôt que de devoir rester aligné

avec l'arbre d'entrée 54 et supporter les charges radiales appliquées par les autres engrenages du réducteur 52, le pignon d'entrée 58 est libre de se déplacer relativement à l'arbre d'entrée 54, notamment relativement à son tronçon distal 78, sous l'effet de ces charges, ces déplacements étant compensés par les déformations des deux éléments d'accouplement flexibles 62a et 62b et du premier organe d'accouplement flexible 79.

[0068] Les premier et deuxième éléments d'accouplement flexibles 62a, 62b sont en particulier positionnés autour du tronçon principal 76 à proximité du pignon d'entrée 58.

[0069] Comme représentée sur la [Fig.6], chaque élément d'accouplement flexible 62a,b comporte une première bague 72a,b reliée au tronçon principal 76, une deuxième bague 70a,b reliée au pignon d'entrée 58 et une couronne 64a,b entourant la première et la deuxième bague 72a,b et 70a,b. Chaque élément d'accouplement flexible 62a,b comprend en outre une première structure annulaire souple 68a,b interposée entre la première bague 72a,b et la couronne 64a,b et une deuxième structure annulaire souple 66a,b interposée entre la deuxième bague 70a,b et la couronne 64a,b.

[0070] Les première et deuxième structures annulaires souples 68a,b et 66a,b, par leur flexibilité, permettent au pignon d'entrée 58 de se déplacer radialement et longitudinalement relativement à l'arbre d'entrée 54. En effet, les déplacements radiaux et longitudinaux du pignon d'entrée 58 sont compensés, au moins partiellement, par les déformations de la première structure annulaire souple 68a,b et de la deuxième structure annulaire souple 66a,b.

[0071] Chaque structure annulaire 66a,b et 68a,b est notamment une membrane annulaire souple, en particulier une membrane circulaire métallique pleine percée en son centre, s'étendant entre une des bague 70a,b et 72a,b et la couronne 64a,b, ladite membrane possédant une flexibilité selon l'axe longitudinal X. Les structures annulaires 66a,b et 68a,b permettent ainsi une bonne transmission du couple entre les bagues 70a,b et 72a,b et la couronne 64a,b et présentent une bonne tenue dans le temps.

[0072] Chaque deuxième bague 70a,b est reliée de manière rigide au pignon d'entrée 58. Par exemple, chaque bague interne 70a,b entoure étroitement le pignon d'entrée 58 et est fixée à ce dernier par exemple au moyen de vis. De même, chaque première bague 72a,b est reliée de manière rigide au tronçon principal 76 et, par exemple, est fixée à ce dernier par des vis.

[0073] Chaque couronne 64a,b permet de maintenir un espace vide 67a,b entre la première membrane annulaire souple 68a,b et la deuxième membrane annulaire souple 66a,b, ce qui contribue à la flexibilité des éléments d'accouplement flexible 62a,b. Les espaces vides 67a et 67b sont reliés par une zone vide 71 qui permet à l'arbre d'entrée 54, et notamment au tronçon principal 76, et au pignon d'entrée 58 ne pas être en contact l'un de l'autre. Ainsi, l'entrainement du pignon d'entrée 58 par l'arbre d'entrée 54 ne se fait que par l'intermédiaire des éléments d'accouplement flexible 62a et 62b.

[0074] Dans les premier et deuxième modes de réalisation, représentés sur les figures 5 et 6, les tronçons 74, 76, 78, les organes d'accouplement flexibles 79a,b et éléments d'accouplement flexibles 62a,b sont formés de pièces distinctes assemblées, par exemple soudées, brasées et/ou vissées, les unes aux autres.

[0075] Avantageusement, le dispositif de liaison flexible 90 permet de limiter les déplacements radiaux du tronçon intermédiaire 76 par un maintien souple du tronçon intermédiaire. Ce dispositif permet ainsi de compenser la perte de raideur résultant de l'assouplissement des organes d'accouplement flexibles 79a,b destinés à la gestion des désalignements et d'éviter que la fréquence de résonnance du système d'accouplement 50 se situe dans la plage de fonctionnement du système propulsif 10. Ainsi, l'ensemble de système propulsif 60 ne risque pas d'entrer en résonnance lors du fonctionnement du système propulsif 10.

Revendications

[Revendication 1] Ensemble (60) de système propulsif pour aéronef comportant un élément structurel fixe (73) et un arbre (54) en rotation autour d'un axe longitudinal (X) relativement à l'ensemble structurel, l'arbre (54) comprenant deux organes d'accouplement flexibles (79) et un tronçon intermédiaire (76) interposé entre les organes d'accouplement flexibles (79), dans lequel l'ensemble (60) comprend en outre un palier (92) guidant le tronçon intermédiaire (76) en rotation relativement à l'élément structurel (73), ledit palier (92) étant relié à l'élément structurel (73) par l'intermédiaire d'un dispositif de liaison flexible (90).

[Revendication 2] Ensemble (60) de système propulsif selon la revendication 1, dans lequel le dispositif de liaison flexible (90) comporte une bride interne (94) solidaire du palier (92) et une bride externe (96) solidaire de l'élément structurel (73), la bride interne (94) et la bride externe (96) étant reliées l'une à l'autre par une pluralité d'organes flexibles (98).

[Revendication 3] Ensemble (60) de système propulsif selon la revendication 2, dans lequel chaque organe flexible (98) est déformable élastiquement dans une direction radiale par rapport à l'arbre (54).

[Revendication 4] Ensemble (60) de système propulsif selon l'une quelconque des revendications 2 ou 3, dans lequel les organes flexibles (98) forment des rayons répartis régulièrement autour de la bride interne (94).

[Revendication 5] Ensemble (60) de système propulsif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel chaque organe d'accouplement flexible (79a, 79b) est configuré pour permettre les translations longitudinales et les rotations autour d'axes perpendiculaires à l'axe longitudinal (X).

[Revendication 6] Ensemble (60) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel chaque organe d'accouplement flexible (79, 79a, 79b, 62a, 62b) comprend une première bague (80, 80a, 80b, 72a, 72b) reliée au tronçon intermédiaire (76), une deuxième bague (81, 81a, 81b, 70a, 70b) reliée à un autre élément (78, 74, 58), une couronne (82, 82a, 82b, 64a, 64b) entourant les première et deuxième bagues, une première structure annulaire (83, 83a, 83b, 68a, 68b) souple interposée entre la première bague et la couronne et une deuxième structure annulaire (84, 84a, 84b, 66a, 66b) souple interposée entre la deuxième bague et la couronne.

[Revendication 7] Ensemble (60) de système propulsif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, comprenant en outre un réducteur (52) couplant l'arbre (54), qui constitue un arbre d'entrée du réducteur, à un arbre de sortie

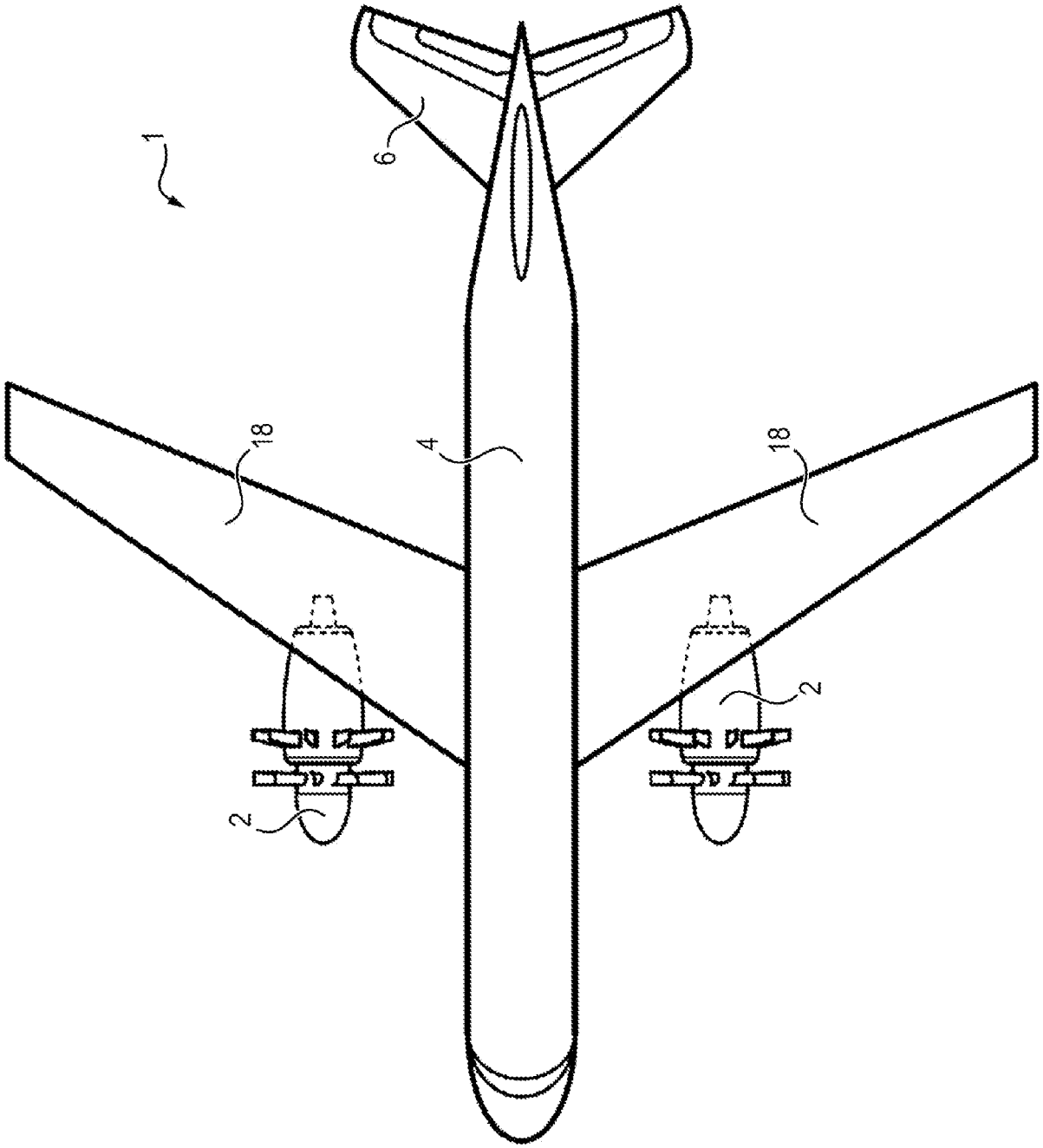
(56), les organes d'accouplement flexibles (79) comprenant un premier organe d'accouplement flexible reliant le tronçon intermédiaire (76) à un tronçon distal (78) de l'arbre et un deuxième organe d'accouplement flexible reliant le tronçon intermédiaire au pignon d'entrée (58).

[Revendication 8] Ensemble (60) de système propulsif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, comprenant une turbine (38) et une soufflante (12), l'arbre d'entrée (54) étant entrainé en rotation par la turbine (38) et l'arbre de sortie (56) entrainant en rotation la soufflante (12),

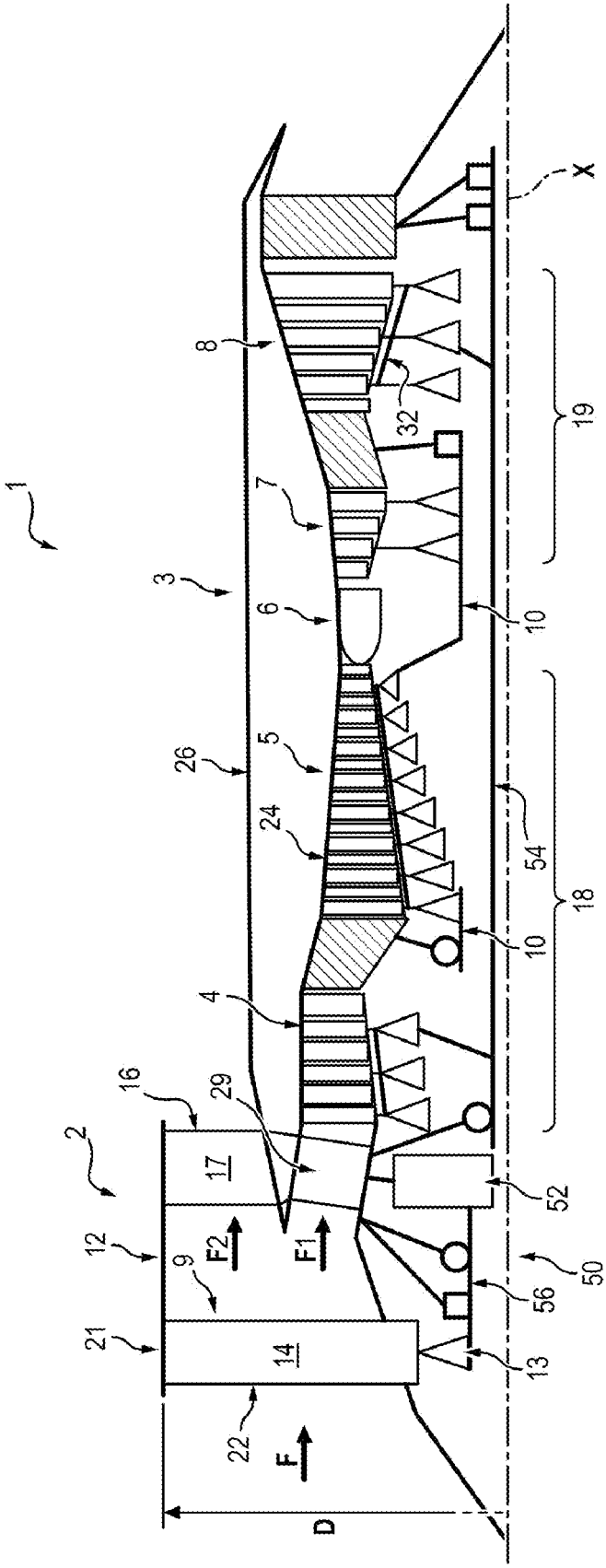
[Revendication 9] Ensemble (60) de système propulsif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel le réducteur (52) est un réducteur à train épicycloïdal comportant un solaire constituant le pignon d'entrée (58), une couronne entourant le solaire (58) et une pluralité de satellites, portés par un porte-satellites, en prise avec le solaire (58) et la couronne, l'un de la couronne et du porte-satellites étant fixe et l'arbre de sortie (56) étant entraîné en rotation par l'autre de la couronne et du porte-satellites.

[Revendication 10] Aéronef comportant un ensemble de système propulsif selon l'une quelconque des revendications 1 à 9.

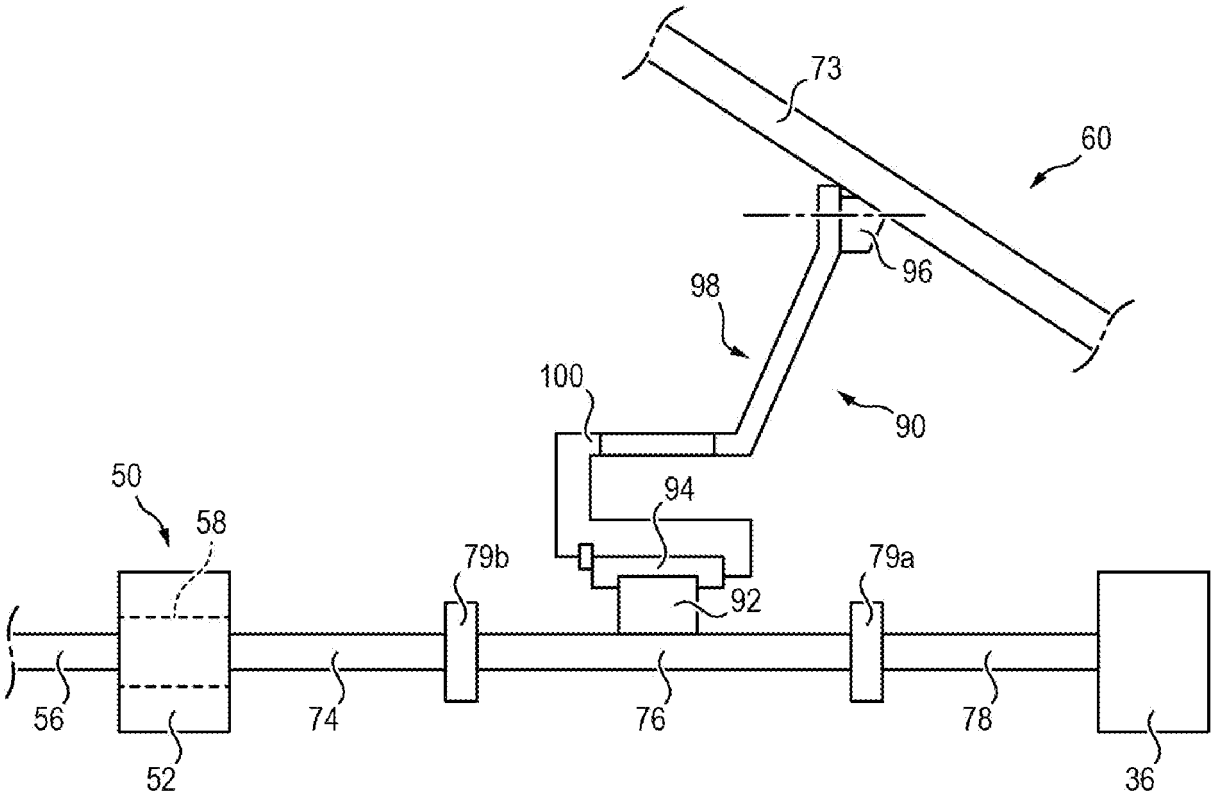
[Fig. 1]



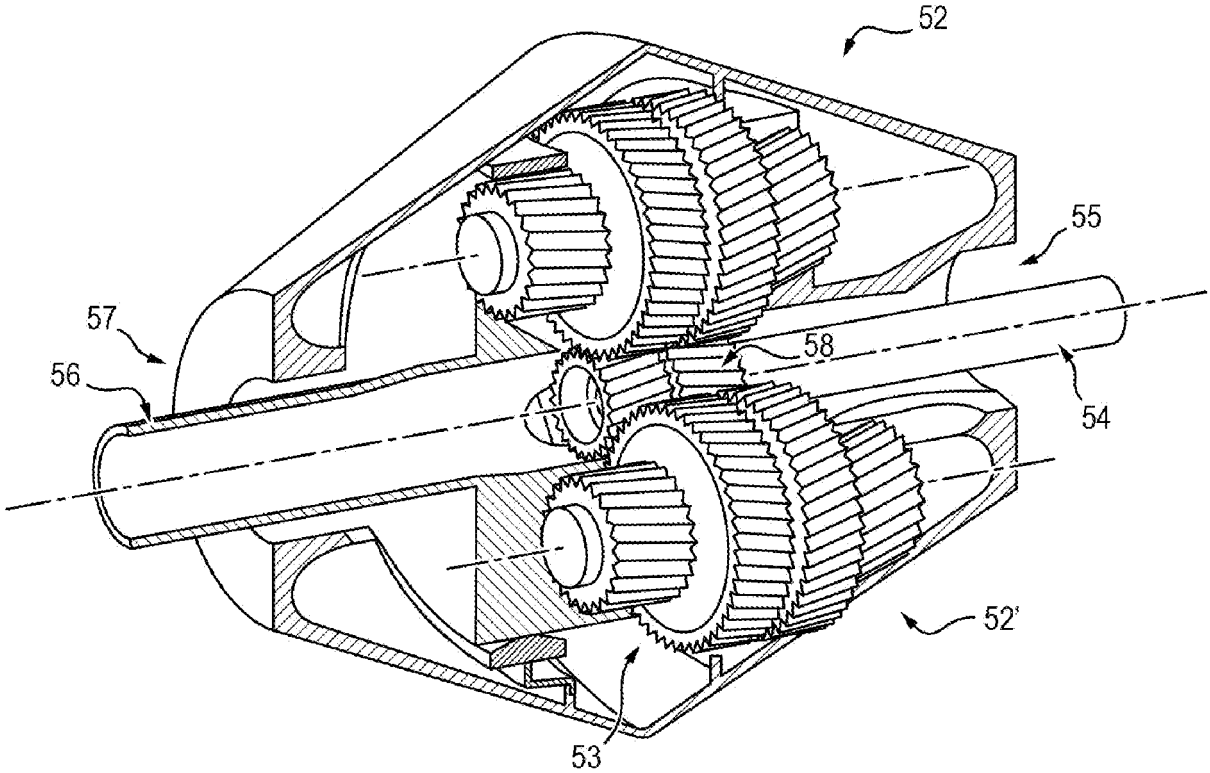
[Fig. 2]


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
10
12
13
14
16
17
18
19
21
22
24
26
29
32
50
52
54
56
F
F1
F2
D
X

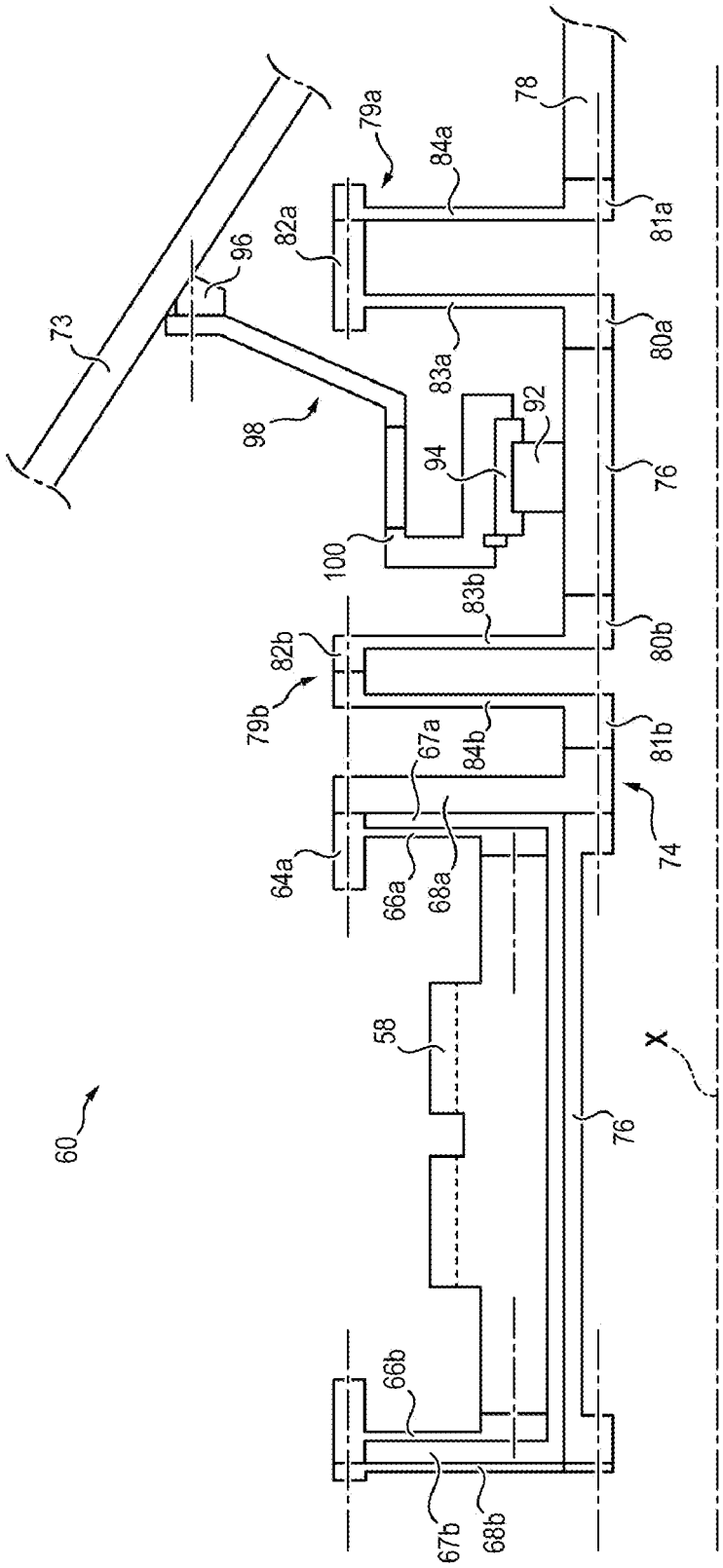
[Fig. 3]


73
60
96
98
100
90
50
58
94
79b
79a
92
56
74
76
78
52
36

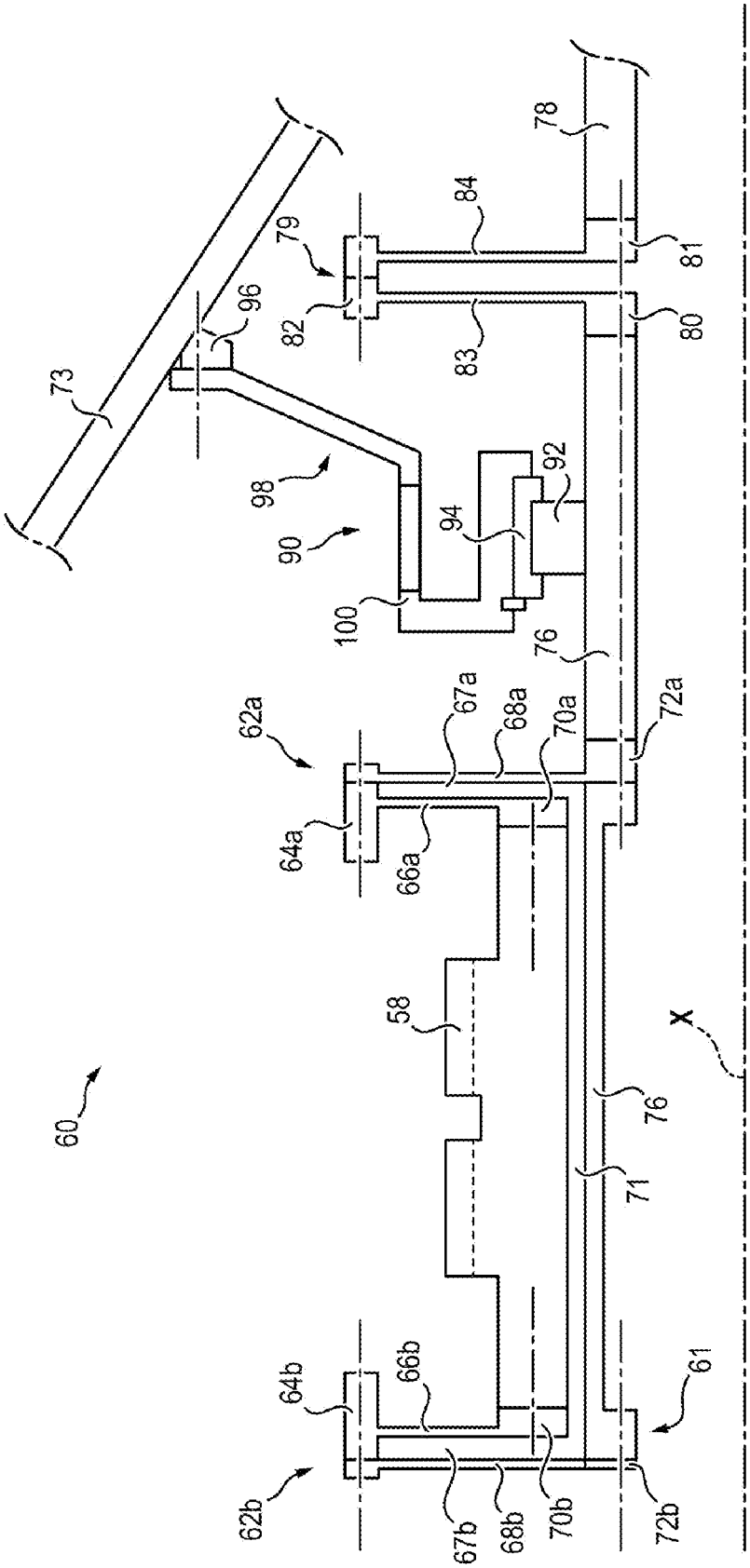
[Fig. 4]


52
55
57
58
56
54
52'
53

[Fig. 5]


60
73
96
98
79a
82a
84a
78
81a
80a
83a
92
94
76
100
83b
82b
80b
79b
84b
81b
67a
74
64a
66a
68a
58
X
76
66b
67b
68b

[Fig. 6]


60
61
62a
62b
64a
64b
66a
66b
67a
67b
68a
68b
70a
70b
71
72a
72b
73
76
78
79
80
81
82
83
84
90
92
94
96
98
100
58
X

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement national

FA 916841
FR 2302461

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	WO 2015/017041 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 5 février 2015 (2015-02-05)	1-4,7-10	B64D 27/26 F16D 1/00
Y	* alinéas [0048] - [0068]; figures 2,4,7 *	5	

X	US 2012/195753 A1 (DAVIS TODD A [US] ET AL) 2 août 2012 (2012-08-02)	1-3,7-10	
Y	* figures 1-8 *	5	

X	EP 2 511 500 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 17 octobre 2012 (2012-10-17)	1-3,7-10	
Y	* figure 2 *	4,5	

X	FR 3 108 947 A1 (SAFRAN AIRCRAFT ENGINES [FR]) 8 octobre 2021 (2021-10-08)	1-3,7-10	
Y	* figures 1-8 *	5	

X	FR 3 087 819 A1 (SAFRAN AIRCRAFT ENGINES [FR]) 1 mai 2020 (2020-05-01)	1-3,7-10	
Y	* figures 1-8 *	4,5	

X	US 2013/045102 A1 (GALLET FRANCOIS [FR] ET AL) 21 février 2013 (2013-02-21)	1-3,5-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
	* figures 1-3 *		F01D
	-----		F02C
X	FR 3 086 343 A1 (SAFRAN AIRCRAFT ENGINES [FR]) 27 mars 2020 (2020-03-27)	1-3,5, 7-10	F02K F16D B64D
	* figures 1-4 *		

X	EP 3 153 680 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 12 avril 2017 (2017-04-12)	1-3,5-10	
	* figures 1-4 *		

Y	EP 0 627 571 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 7 décembre 1994 (1994-12-07)	5,6	
	* figures 1-17 *		

	-/--		

1

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
12 octobre 2023	Koch, Rafael

CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : arrière-plan technologique
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons
.....
& : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement national

FA 916841
FR 2302461

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y	EP 0 282 784 A2 (MTU MUENCHEN GMBH [DE]) 21 septembre 1988 (1988-09-21) * figures 1-6 *	5,6	

Y	WO 2018/115763 A1 (SAFRAN AIRCRAFT ENGINES [FR]) 28 juin 2018 (2018-06-28) * figures 1-9 *	5,6	

			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
12 octobre 2023	Koch, Rafael

CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : arrière-plan technologique
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons
.....
& : membre de la même famille, document correspondant

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2302461 FA 916841

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 12-10-2023
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
WO 2015017041	A1	05-02-2015	EP	3027877 A1	08-06-2016
			WO	2015017041 A1	05-02-2015
US 2012195753	A1	02-08-2012	AUCUN		
EP 2511500	A2	17-10-2012	EP	2511500 A2	17-10-2012
			EP	3636899 A1	15-04-2020
			US	2012260623 A1	18-10-2012
FR 3108947	A1	08-10-2021	AUCUN		
FR 3087819	A1	01-05-2020	CN	113015844 A	22-06-2021
			EP	3870806 A1	01-09-2021
			FR	3087819 A1	01-05-2020
			US	2021396141 A1	23-12-2021
			WO	2020084219 A1	30-04-2020
US 2013045102	A1	21-02-2013	FR	2979121 A1	22-02-2013
			GB	2493834 A	20-02-2013
			US	2013045102 A1	21-02-2013
FR 3086343	A1	27-03-2020	CN	112771261 A	07-05-2021
			EP	3857040 A1	04-08-2021
			FR	3086343 A1	27-03-2020
			US	2022042460 A1	10-02-2022
			WO	2020065182 A1	02-04-2020
EP 3153680	A1	12-04-2017	BR	102016021379 A2	25-04-2017
			CA	2942667 A1	06-04-2017
			CN	106837560 A	13-06-2017
			EP	3153680 A1	12-04-2017
			JP	6328715 B2	23-05-2018
			JP	2017078406 A	27-04-2017
			US	2017096941 A1	06-04-2017
EP 0627571	A1	07-12-1994	DE	69423386 T2	21-09-2000
			EP	0627571 A1	07-12-1994
			NO	310889 B1	10-09-2001
			US	5755622 A	26-05-1998
EP 0282784	A2	21-09-1988	DE	3708596 A1	29-09-1988
			EP	0282784 A2	21-09-1988
			JP	S63230928 A	27-09-1988
			US	4899959 A	13-02-1990
WO 2018115763	A1	28-06-2018	CN	110088427 A	02-08-2019

EPO FORM P0465

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2302461 FA 916841

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 12-10-2023
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
		EP 3559416 A1	30-10-2019
		FR 3061242 A1	29-06-2018
		US 2020018181 A1	16-01-2020
		WO 2018115763 A1	28-06-2018

EPO FORM P0465

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82